

Docket No.: 3191/0M965US0
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Jurgen Eich, et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Group Art Unit: N/A

Filed: Concurrently Herewith

Examiner: Not Yet Assigned

For: METHOD OF CONTROLLING AN
AUTOMATED CLUTCH OF A VEHICLE

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Federal Republic Germany	101 03 030.4	24 January 2001

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 03 030.4

Anmeldetag: 24. Januar 2001

Anmelder/Inhaber: LuK Lamellen und Kupplungsbau Beteiligungs KG,
Bühl, Baden/DE

Erstanmelder: LuK Lamellen und Kupplungsbau
GmbH, Bühl, Baden/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer
automatisierten Kupplung eines Fahrzeuges

IPC: F 16 D , B 60 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wallner

LuK Lamellen und
Kupplungsbau GmbH

Industriestraße 3

77815 Bühl

GS 0481

Patentansprüche

- 5
1. Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer automatisierten Kupplung eines Fahrzeuges, bei dem mit einem elektronischen Kupplungsmanagement (EKM) eine Kupplungskennlinie adaptiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Adaption bei wenigstens einem geeigneten Betriebspunkt durchgeführt wird.
- 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Adaption bei beliebigen Betriebspunkten durchgeführt wird.
- 15
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Adaption bei jedem Anfahrvorgang und/oder jedem Schaltvorgang durchgeführt wird.
- 20
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Adaption mit einem geeigneten Modell durchgeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Modell zumindest ein Tastpunkt adaptiert wird.
- 25
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Modell zumindest ein Reibwert adaptiert wird.
- 30
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Modell zumindest die Form der Kupplungskennlinie adaptiert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Adaption der Kupplungskennlinie zumindest eine Eingangs-

größe berücksichtigt wird.

- 5 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Adaption der Kupplungskennlinie als Eingangsgröße die Motordrehzahl (n_{mot}), das effektives Motormoment (M_{mot}) und/oder die Kupplungsaktorposition (X_{kupp}) verwendet wird.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Adaption der Kupplungskennlinie wenigstens ein Verzögerungsblock (T) zum Ausgleichen eines möglichen Zeitversatzes bei der Signalerfassung der Eingangsgrößen und/oder der Signalübertragung der Eingangsgrößen verwendet wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Adaption der Kupplungskennlinie ein Adoptionsalgorithmus zum Anpassen von Signalen und/oder Parametern in Abhängigkeit des jeweiligen Betriebspunktes verwendet wird.
- 20 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Adoptionsalgorithmus zumindest ein Korrekturterm verwendet wird
- 25 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Adoptionsalgorithmus ein Korrekturterm bei der Motorbeschleunigung (J_{mot}) verwendet wird, wodurch ein Auseinanderlaufen von Modell- und Realwerten vermieden wird.
- 30 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Adoptionsalgorithmus ein Momentenkorrekturterm (ΔM_{mot}) zum Berücksichtigen eines Fehlers bei dem Signal des Motormoments (M_{mot}) verwendet wird.
- 35 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Adoptionsalgorithmus ein Korrekturterm (ΔT_{ap}) beim Kupplungsaktorweg verwendet wird.
- 40 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Adoptionsalgorithmus zumindest ein Kennlinienparameter (KL-Parameter) zum Adaptieren des Reibwertes bei der Kupplung verwendet wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß als KL-Parameter ein Signalvektor eingesetzt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Auslegung des Adaptionsalgorithmus eine Parameteridentifikation verwendet wird.
- 5 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Auslegung des Adaptionsalgorithmus ein erweiterter Kalman-Filter (EKF) verwendet wird.
- 10 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Auslegung des Adaptionsalgorithmus eine geeignete Neuro-Fuzzy-Methode verwendet wird.
- 15 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Auslegung des Adaptionsalgorithmus wenigstens ein Betriebspunkt bzw. Fahrzustand berücksichtigt wird.
- 20 22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Adaption der Kupplungskennlinie eine erste Adaption von einer zweiten Adaption überlagert wird.
- 25 23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß bei der ersten Adaption zumindest der Reibwert derart adaptiert wird, daß eine Abweichung bei den an der Kupplung anliegenden Momenten durch Auswerten des dynamischen Gleichgewichts an der Kupplung bestimmt und der Reibwert in Abhängigkeit der Abweichung geeignet angepaßt wird.
- 30 24. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß bei der zweiten Adaption zumindest die Form der Kennlinie bewertet wird.
- 35 25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß bei der zweiten Adaption durch Auswertung von Differenzmomenten an vorbestimmten Betriebspunkten der Kupplungslinie auf eine Form der Kupplungskennlinie zurückgeschlossen wird und daß zu dem implementierten Reibwert eine zusätzliche Korrekturkennlinie erstellt wird, die die Abweichungen der realen Kupplungskennlinie von der nominellen Kupplungskennlinie erfaßt.
- 40 26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Adaption der Kupplungskennlinie derart erfolgt, daß während einer Schlupfphase ein Vergleich des aus dem Motormoment und der Drehbeschleunigung des Motors berechneten Kupplungsmoments mit einer hinterlegten Kupplungskennlinie durchgeführt wird.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Momentengleichgewicht an der Kupplung durch folgende Gleichung dargestellt wird:

5 $J_{Mot} * d\omega_{Mot}/dt = M_{Mot} - M_{Kup}$

mit

J_{Mot} = Motorbeschleunigung

$d\omega_{Mot}/dt$ = Motordrehbeschleunigung

10 M_{Mot} = Motormoment

M_{Kup} = Kupplungsmoment

- 15 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß mit den folgenden Gleichungen ein bei der Steuerung verwendetes Kupplungsmoment und ein Fehlermoment berechnet wird:

$M_{Kup,Steuerung} = M_{Kup} + \Delta M_{Kup}$

20 $\Delta M = M_{Kup,Steuerung} - (M_{Mot} - J_{Mot} * d\omega_{Mot}/dt)$

mit

$M_{Kup,Steuerung}$ = Kupplungsmoment der Steuerung

ΔM = Fehlermoment

- 25 29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß durch das ermittelte Fehlermoment eine abgelegte Kupplungskennlinie korrigiert wird.

- 30 30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur der abgelegten Kupplungskennlinie durch das Anpassen der die Kupplungskennlinie beschreibenden Größen, wie Reibwert und/oder Tastpunkt, erreicht wird.

- 35 31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem positiven Fehlermoment der Reibwert verringert wird und daß bei einem negativen Fehlermoment der Reibwert erhöht wird.

- 40 32. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur der abgelegten Kupplungskennlinie durch das Anpassen von wenigstens einem der die Kupplungskennlinie beschreibenden Parameter erreicht wird.

33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß das Anpassen der Parameter inkrementell durchgeführt wird.

5 34. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß zur Adaption der Kupplungskennlinie ein integrales Verfahren verwendet wird.

10 35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß aus den vorhandenen Momentensignalen mittels Integration eine Modellmotordrehzahl durch folgende Gleichung bestimmt wird:

mit

$$\omega_{\text{Mot, Modell}} = \frac{1}{J_{\text{Mot}}} \int (M_{\text{Kup, Steuerung}} - M_{\text{Mot}}) dt$$

$$\omega_{\text{Mot, Modell}} = \text{Modellmotordrehzahl}$$

15

20 36. Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Adaption ein Vergleich der Modellmotordrehzahl mit der tatsächlichen realen Motordrehzahl durchgeführt wird, wobei durch registrierte Abweichungen die Kupplungskennlinie und/oder die beschreibenden Größen, wie Reibwert und/oder Tastpunkt, geeignet verändert werden.

25 37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß das Anpassen der Kupplungskennlinie und/oder der beschreibenden Größen zum Vermeiden von Rückkopplungen inkrementell durchgeführt wird.

30 38. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere bei Erstinbetriebnahme der automatisierten Kupplung eine mehrstufige Reibwertadaption an vorbestimmten Reibwertstützstellen durchgeführt wird.

35 39. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Reibwertadaption die Reibwertstützstellen im Bereich hoher Kupplungsmomente angepaßt werden.

40. Verfahren nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderungen der Reibwertstützstellen im Bereich hoher Kupplungsmomente auf andere Reibwertstützstellen während und/oder nach einem Vollastzyklus übertragen werden.

LuK Lamellen und
Kupplungsbau GmbH
Industriestraße 3
77815 Bühl

GS 0481

Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer automatisierten Kupplung eines Fahrzeuges

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer automatisierten Kupplung eines Fahrzeuges, bei dem mit einem elektronischen Kupplungsmanagement (EKM) eine Kupplungskennlinie adaptiert wird.

10

15

Aus der Fahrzeugtechnik sind automatisierte Kupplungen bekannt, wodurch insgesamt eine Automatisierung des Antriebsstranges eines Fahrzeuges, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, ermöglicht wird. Es ist auch bekannt, daß derartige Kupplungen in einem Automatikgetriebe eingesetzt werden. Insbesondere durch das elektronische Kupplungsmanagement (EKM) wird ein Einkuppelvorgang bei einem gewünschten Schaltvorgang automatisiert.

20

Dabei kann mit dem bekannten Verfahren die Kupplungskennlinie adaptiert werden. Somit kann die Kupplungskennlinie der automatisierten Kupplung, z.B. aufgrund möglicher Einflüsse, geeignet verändert werden.

25

Jedoch ist bei dem bekannten Verfahren die Adaption auf das Eintreten eines vorbestimmten stationären Betriebspunktes angewiesen. Beispielsweise kann dieser Betriebspunkt bei Betätigung der Betriebs- bzw. Feststellbremse beim Einlegen des ersten Ganges im Leerlauf vorliegen. Je nach den Ge-

wohnheiten des Fahrers des Fahrzeuges tritt dieser stationäre Betriebspunkt unter Umständen äußerst selten auf.

5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer automatisierten Kupplung Getriebes zu schaffen, welches insbesondere hinsichtlich der Adaptionmöglichkeiten weiter verbessert wird.

10 Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Demgemäß kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Adaption bei geeigneten Betriebspunkten durchgeführt. Beispielsweise ist es möglich, daß bei jedem Anfahr- oder Schaltvorgang die Kupplungskennlinie adaptiert wird und demnach die Abhängigkeit von einer unter Umständen seltenen eintretenden Betriebsbedingung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vermieden wird.

20 Selbstverständlich kann die Adaption auch bei anderen beliebigen Betriebspunkten durchgeführt werden. Somit wird die Adaption bei dem erfindungsgemäßen Verfahren insgesamt verbessert.

25 Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung kann vorsehen, daß die Adaption bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einem geeigneten Modell durchgeführt wird. Somit kann eine modellgestützte Adaption der Kupplungskennlinie durchgeführt werden. Es ist möglich, daß basierend auf einem Modell der Kupplungskennlinie eine Adaption des Tastpunktes aber auch des Reibwertes und/oder der Form der Kupplungskennlinie durchgeführt wird. Prinzipiell kann diese Adaption bei jedem Schlupfvorgang der Kupplung erfolgen. Es ist auch möglich, daß bei bestimmten Betriebsbedingungen bzw. Betriebspunkten geeignete Einschränkungen bei der Adaption vorgesehen werden. Beispielsweise kann kurz nach dem Motorstart die Zuverlässigkeit

der Übermittlung z.B. des Motormomentensignals eingeschränkt sein. Hier kann es vorteilhaft sein, wenn die vorgesehene Adaption z.B. zeitweilig unterdrückt wird.

5 Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß bei der Adaption der Kupplungskennlinie wenigstens eine Eingangsgröße berücksichtigt wird. Vorzugsweise kann die Adaption der Kupplungskennlinie primär auf vorbestimmte Signale, wie z.B. die Motordrehzahl, das effektive Motor-
10 moment und/oder die Kupplungsaktorposition, gestützt werden. Selbstverständlich ist es auch denkbar, daß andere Signale von Eingangsgrößen dabei berücksichtigt werden.

15 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß bei der Adaption der Kupplungskennlinie wenigstens ein Verzögerungsblock verwendet wird. Vorzugsweise können Verzögerungsblöcke, z.B. bei den Eingangsgrößen Motordrehzahl, Motormoment und/oder Kupplungs-
20 aktorposition eingesetzt werden. Mit Hilfe dieser Verzögerungsblöcke wird ein möglicher Zeitversatz zwischen den Signalen, welcher z.B. aus der Signalerfassung und/oder der Signalübertragung resultieren kann, derart ausgeglichen, daß am Ausgang der Verzögerungsblöcke die jeweiligen Signale der Eingangsgrößen physikalisch dem gleichen Zeitpunkt entsprechen.

25 Eine andere Weiterbildung der Erfindung kann vorsehen, daß bei der Adaption der Kupplungskennlinie ein geeigneter Adaptionalgorithmus integriert wird. Zunächst wird ohne den Adaptionalgorithmus aus der jeweiligen Kupplungsaktorposition mittels einem Kennlinienmodell das Kupplungsmo-
30 ment abgeschätzt. Dieses bestimmt zusammen mit dem Motormoment die Beschleunigung des Verbrennungsmotors. Hieraus kann dann die prädizierte Motordrehzahl errechnet werden. Aus der Abweichung zwischen der gemessenen und der prädizierten Motordrehzahl lassen sich im Fahrbetrieb Rückschlüsse auf die Qualität der Modelldaten sowie Information zu deren Anpassung an die physikalisch korrekten Werte ableiten.

Zu diesem Zweck ist es besonders vorteilhaft, wenn ein Adaptionalgorithmus eingesetzt wird. Der Adaptionalgorithmus kann in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebspunkt bzw. Fahrzustand eine Anpassung der Signale und/oder der Parameter vornehmen. Beispielsweise kann als Betriebspunkt, z.B. eine schlupfende Kupplung, als Voraussetzung für eine geeignete Modellstruktur sein. Bei der Verwendung eines Adaptionalgorithmus ist es besonders vorteilhaft, wenn z.B. ein Korrekturterm bei der Motorbeschleunigung vorgesehen wird. Beispielsweise kann dies nach dem Prinzip eines Zustandsbeobachters vorgesehen sein, um Abweichungen zwischen den Modellwerten und den realen Werten zu vermeiden.

Darüber hinaus kann auch ein Momentenkorrekturterm bei dem Adaptionalgorithmus vorgesehen sein. Dieser Momentenkorrekturterm dient der Berücksichtigung eines konstanten oder zeitlich z.B. langsam variierenden Fehlers im Momentensignal. Derartige Fehler, die aufgrund von Unsicherheiten in der Bestimmung des Motormoments und/oder von unbekannten Verbrauchermomenten, wie z.B. einem Generator, einem Klimakompressor oder dergleichen, herrühren, sind üblicherweise bei geöffneter Kupplung sehr gut als von Null verschiedenes Leerlaufmoment zu identifizieren.

Desweiteren kann bei dem Adaptionalgorithmus ein Korrekturterm beim Kupplungsaktorweg vorgesehen sein. Dieser Korrekturterm ist gleichbedeutend mit der sogenannten Greif- oder Tastpunktadaption.

Es ist auch möglich, daß bei dem Adaptionalgorithmus ein Kennlinienparameter (KL-Parameter) eingesetzt wird. Dies kann ein Signalvektor sein, welcher zur Adaption des Reibwertes der Kupplung dient. Durch die Anpassung z.B. von mehreren geeigneten Kennlinienpunkten lassen sich ähnliche Effekte erzielen, wie mit der mehrstufigen Reibwertadaption.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß für die Auslegung des Adaptionalgorithmus verschiedene Modelle verwendet werden. Beispielsweise kann eine vorzugsweise nichtlineare Parameteridentifikation verwendet werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, daß ein sogenannter erweiterter Kalman-Filter (EKF) eingesetzt wird. Darüber hinaus ist es auch denkbar, daß sogenannte Neuro-Fuzzy-Methoden bei der Auslegung des Adaptionalgorithmus eingesetzt werden. Selbstverständlich können auch andere geeignete Auslegungsmöglichkeiten verwendet werden. Beispielsweise kann auch eine geeignete Kombination der bereits genannten Auslegungsmöglichkeiten eingesetzt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei der Auslegung des Adaptionalgorithmus der aktuelle Fahrzustand bzw. Betriebspunkt geeignet berücksichtigt wird, da sich aufgrund der physikalischen Randbedingungen die Differenz von der gemessenen und der prädierten Motordrehzahl einmal mehr auf die eine und dann mehr auf die andere Adaptionsgröße auswirken sollte. Beispielsweise kann bei geöffneter Kupplung der Momentenkorrekturterm und bei leicht angelegter Kupplung, z.B. bei Anfahrtbeginn oder Kriechen, adaptiert werden. Während die Kennlinienparameter vorwiegend bei höheren Kupplungsmomenten anzupassen sind.

Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß bei der Adaption der Kupplungskennlinie eine erste Adaption von einer zweiten Adaption überlagert wird. Beispielsweise kann eine implementierte Adaption des Reibwertes und/oder des Tastpunktes als erste Adaption vorgesehen werden, bei der z.B. durch Auswerten eines dynamischen Momentengleichgewichtes an der Kupplung eine mögliche Abweichung bei den anliegenden Momenten bestimmt wird und eine Anpassung des Reibwertes in Abhängigkeit der Abweichung erfolgt. Diese erste Adaption kann dann von einer zweiten Adaption überlagert werden, bei der vorzugsweise die Form der Kupplungskennlinie bewertet wird.

Beispielsweise kann nämlich die Form der Kupplungskennlinie aufgrund von Fertigungstoleranzen und/oder der Alterung der Kupplung, z.B. durch Setzen der Belagfederung, von einer vorher bestimmten mittleren Kennlinienform abweichen. Bei bisher beschriebenen Adaptionen werden Korrekturwerte berechnet, die einer bestimmten Kennlinienposition oder einem Kennlinienbereich zuzuordnen sind. Damit kann die Form der Kupplungskennlinie nach ausreichenden Adaptionenphasen bestimmt werden. Schnelle Änderungen des Reibwertes können dabei unter Umständen nicht erfaßt werden. Es erforderlich, daß Adaptionen bei allen Betriebspunkten durchgeführt werden, damit die globale Änderung des Reibwertes über die gesamte Kupplungskennlinie erfaßt wird.

Bei der nun beschriebenen Art der Adaption ist besonders vorteilhaft, daß sowohl schnelle Änderungen des Reibwertes berücksichtigt werden als auch eine Möglichkeit gegeben wird, die Form der Kupplungskennlinie wiederholt zu bestimmen.

Bei dieser Adaption wird insbesondere überprüft, ob während einer Schlupfphase ein wesentlicher Teil der Kupplungskennlinie durch das seitens der Steuerung angeforderte Moment durchlaufen wird, damit ausreichende Informationen über die Form der Kennlinie gewonnen werden können. Während dieser Schlupfphase wird das dynamische Gleichgewicht an der Kupplung hinsichtlich des Motormoments, des Beschleunigungsanteils und/oder des eingestellten Kupplungsmoments an einigen, vorher festgelegten Kennlinienpunkten, ausgewertet. Durch eine Betrachtung der Differenzmomente an verschiedenen Punkt bzw. Stellen der Kupplungskennlinie kann anschließend auf die Form der Kupplungskennlinie zurückgeschlossen werden.

Es besteht nun die Möglichkeit, daß zusätzlich zu den bisher implementierten Reibwerten eine zusätzliche Korrekturkupplungskennlinie berücksichtigt wird, welche die Abweichungen der realen Kupplungskennlinie von der nominellen Kupplungskennlinie erfaßt. Diese beschriebene Möglichkeit der Überlage-

Adaptionen wird beispielhaft durch entsprechende Ablaufdiagramme später beschrieben. Selbstverständlich können auch andere geeignete Abläufe bei der Adaption des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen werden.

5

Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann vorsehen, daß die Adaption der Kupplungskennlinie z.B. bei der Schlupfphase der Kupplung und beispielsweise beim sogenannten Wegtouren des Motors vorzugsweise während des Auskuppeln zum Gangwechsel durchgeführt wird. Bei dieser
10 Adaptionsmöglichkeit kann ein Vergleich der anliegenden Kupplungsmomente, welche sich aus dem Motormoment und der Drehbeschleunigung des Motors ergeben, mit der in der Steuerung hinterlegten Kupplungskennlinie durchgeführt und somit eine vorteilhaft einfache Adaption der Kupplungskennlinie erreicht werden. Hierzu kann z.B. das Motormomentengleichgewicht an der Kupplung ausgewertet werden, wobei davon ausgegangen wird,
15 daß die auftretenden Fehler nur durch eine Verstimmung der Kupplungskennlinie hervorgerufen werden. An der Kupplung gilt folgendes Momentengleichgewicht

20

$$J_{\text{Mot}} * d\omega_{\text{Mot}}/dt = M_{\text{Mot}} - M_{\text{Kup}}$$

mit

J_{Mot} = Motorbeschleunigung

$d\omega_{\text{Mot}}/dt$ = Motordrehbeschleunigung

25

M_{Mot} = Motormoment

M_{Kup} = Kupplungsmoment

30

Diese Gleichung ist für die am realen System wirkenden Momente und Beschleunigungen erfüllt. Unter der Annahme, daß sich das am realen System anliegende Kupplungsmoment aus dem in der Kupplungssteuerung verwendeten Kupplungsmoment und einem Fehlermoment berechnen läßt, gilt:

$$M_{\text{Kup,Steuerung}} = M_{\text{Kup}} + \Delta M_{\text{Kup}}$$

$$\Delta M = M_{\text{Kup,Steuerung}} - (M_{\text{Mot}} - J_{\text{Mot}} * \omega_{\text{punktMot}})$$

5

mit

$M_{\text{Kup,Steuerung}}$ = Kupplungsmoment der Steuerung

ΔM = Fehlermoment

10

Somit kann aus dem jeweils vorliegenden Motormoment, der Drehbeschleunigung des Motors und des in der Steuerung bestimmten Kupplungsmomentes ein Fehler im Kupplungsmoment bestimmt werden. In Abhängigkeit von diesem Fehler kann nun die in der Kupplungssteuerung hinterlegte Kupplungskennlinie korrigiert werden.

15

Die Korrektur der Kupplungskennlinie kann z.B. durch eine Anpassung der die Kupplungskennlinie beschreibenden Größen, wie z.B. der Reibwert, der Tastpunkt oder dergleichen Größen, erfolgen. Bei ausreichend großen Kupplungsmomenten kann bei den die Kupplungskennlinie beschreibenden Größen bzw. Parametern eine Anpassung des Reibwertes durchgeführt werden. Nach den obigen Gleichungen wird z.B. bei einem positiven Fehlermoment der Reibwert verringert und z.B. bei einem negativen Fehlermoment der Reibwert erhöht. Beispielsweise kann ein Kurbelwellenmoment, welches dem Motormoment korrigiert um einen dynamischen Momentenanteil entspricht, etwa 50 Nm und ein in der Steuerung berechnetes Kupplungsmoment etwa 30 Nm betragen. Daraus ergibt sich ein Fehlermoment von -20 Nm, d.h. die Kupplung überträgt ein Moment von 50 Nm und nicht das in der Steuerung berechnete Moment von 30 Nm, wodurch der Reibwert erhöht werden muß. Diese Angaben sind lediglich beispielhaft und können beliebig ergänzt werden.

20

25

30

Weiterhin ist auch denkbar, daß z.B. die Parameter zur Beschreibung der Kupplungskennlinie korrigiert werden. Hierzu kann eine Tabelle oder ein funktionaler Zusammenhang zwischen dem Ansteuersignal der Kupplungsaktorik und dem Kupplungsmoment verwendet werden.

5

Es ist im Rahmen der Adaption der Kupplungskennlinie sinnvoll, daß die Korrekturen der beschreibenden Parametern bzw. Größen inkrementell durchgeführt werden. Dies bedeutet, daß der berechnete Momentenfehler nicht in einem Korrekturschritt vermindert wird. Damit kann die Stabilität des Gesamtsystems wesentlich erhöht werden, da somit nur geringe Rückwirkungen, im Sinne einer Rückkopplung bei einer Regelung, vorhanden sind. Selbstverständlich sind auch andere geeignete Korrekturen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich.

10

15

Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß alternativ zur direkten Momentenauswertung bei der Adaption zur Korrektur der Kupplungskennlinie ein integrales Verfahren angewandt wird. Hierbei kann aus den vorhandenen Momentensignalen mittels Integration die Motordrehzahl bestimmt werden, so dass eine Modellmotordrehzahl nach folgender Gleichung ermittelt wird.

20

$$\omega_{\text{Mot, Modell}} = \frac{1}{J_{\text{Mot}}} \int (M_{\text{Kup, Steuerung}} - M_{\text{Mot}}) dt$$

mit

25

$$\omega_{\text{Mot, Modell}} = \text{Modellmotordrehzahl}$$

Hierbei kann die Adaption bei der Kupplungskennlinie derart ausgeführt werden, daß ein Vergleich der Modellmotordrehzahl mit der tatsächlich vorliegenden Motordrehzahl die Grundlage bilden. Wenn nach der Auswertung der obigen Gleichung Abweichungen zwischen der tatsächlichen Motordrehzahl

30

und der Modellmotordrehzahl auftreten, kann anhand der Abweichungen die Kupplungskennlinie oder die beschreibenden Größen bzw. Parameter, wie z.B. der Reibwert, der Tastpunkt oder dergleichen, geeignet verändert werden. Beispielsweise kann ein positives Motormoment und eine Motordrehzahl kleiner als die Modelldrehzahl vorliegen, somit ist das tatsächliche anliegende Kupplungsmoment größer als das in der Steuerung verwendete, wodurch der Reibwert erhöht werden muß.

Auch bei dem integralen Verfahren können die Änderungen der Kupplungskennlinie zur Vermeidung von Rückkopplungen im Sinne einer Regelung vorzugsweise inkrementell ausgeführt werden. Somit können Stabilitätsprobleme bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vermieden werden. Selbstverständlich sind auch andere Änderungsmöglichkeiten denkbar.

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung kann Vorsehen, daß insbesondere bei Erstinbetriebnahme der Kupplung bzw. des Getriebes eine mehrstufige Reibwertadaption an vorbestimmten Reibwertstützstellen durchgeführt wird. Es ist möglich, daß bei einer mehrstufigen Reibwertadaption die Reibwertstützstellen vorzugsweise im Bereich von hohen Kupplungsmomenten angepaßt werden. Besonders vorteilhaft ist es gemäß einer Weiterbildung der Erfindung, daß die Änderungen bzw. Anpassungen der Reibwertstützstellen im Bereich hoher Kupplungsmomente auf andere ausgewählte Reibwertstützstellen übertragen werden. Dies kann während und/oder nach einem Vollastzyklus vorgesehen werden. Diese Adaption kann vorzugsweise bei der Erstinbetriebnahme der Kupplung bzw. des Getriebes eingesetzt und z.B. über externe Vorgaben zusammen mit der Adaptionbeschleunigung, welche größere Adaptionssinkremente erlaubt, aktiviert bzw. deaktiviert.

Selbstverständlich kann die Adaption auch auf Reibwertstützstellen, die z.B. nicht im Bereich von hohen Kupplungsmomenten liegen, angepaßt werden.

Bei der Übertragung der Änderung bzw. Anpassung der Reibwertstützstellen kann jede beliebige Reibwertstützstelle ausgewählt werden.

5 Ein überwiegender Anteil der Abweichung zwischen der vorinitialisierten Kupplungskennlinie und der tatsächlichen Kupplungskennlinie besteht aus einem Offset, welcher für alle Reibwertstützstellen derselbe ist. Die Formabweichungen werden im Vergleich dazu nur einen geringen Anteil ausmachen. Durch die Übertragung des Adaptionsergebnisses bei einem gewählten Fahrzyklus auf sämtliche Reibwertstützstellen kann der Offset annähernd
10 ausgeglichen werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können bei der Adaption der Kupplungskennlinie durch das Übertragen der Änderung der Reibwertstützstellen auf andere Reibwertstützstellen in einem Fahrzyklus bei der Erstinbetriebnahme unkomfortable Schaltungen in einem anschließenden normalen Fahrbetrieb vorteilhaft vermieden werden. Desweiteren kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren das Verfälschen von bereits adaptierten Reibwertstützstellen vermieden werden. Somit kann durch das erfindungsgemäße Verfahren eine Feinabstimmung der Kupplungskennlinie im anschließenden Fahrbetrieb früher abgeschlossen werden, da im wesentlichen nur noch die Form der Kupplungskennlinie entsprechend angepaßt werden muß.
15
20

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich wie beschrieben beim elektronischen Kupplungsmanagement (EKM) als auch bei einem automatisierten Schaltgetriebe (ASG) prinzipiell anwenden. Darüberhinaus ist es auch denkbar, daß das erfindungsgemäße Verfahren bei stufenlosen CVT-Getrieben eingesetzt werden kann.
25

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der Zeichnungen. Es zeigen:
30

Figur 1 ein Blockschaltbild einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer modellgestützten Adaption der Kupplungskennlinie;

5 Figur 2 ein Ablaufdiagramm einer anderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer überlagerten Adaption der Kupplungskennlinie;

10 Figur 3 ein Ablaufdiagramm einer Ausgestaltung gemäß Figur 3 des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Figur 4 eine schematische Ansicht eines Momentengleichgewichtes an einer Kupplung.

15 In Figur 1 ist ein Blockschaltbild einer modellgestützten Adaption der Kupplungskennlinie dargestellt. Als Eingangsgrößen sind die Motordrehzahl n_{mot} , das Motormoment M_{Mot} , die Kupplungsaktorposition X_{Kupp} und der jeweilige Fahrzustand bzw. Betriebspunkt vorgesehen. Die Adaption der Kupplungskennlinie stützt sich primär auf die vorgenannten Eingangsgrößen bzw. deren
20 Signale. Mit Hilfe von Verzögerungsblöcken wird ein möglicher Zeitversatz zwischen den jeweiligen Signalen der Eingangsgrößen ausgeglichen, so daß am Ausgang der Verzögerungsblöcke alle Signale physikalisch dem gleichen Zeitpunkt entsprechen. Der mögliche Zeitversatz zwischen den Signalen kann z.B. bei der Signalerfassung und/oder der Signalübertragung auftreten.

25 Bei der Motordrehzahl n_{mot} ist der Verzögerungsblock T_{tn} , bei dem effektiven Motormoment M_{Mot} ist der Verzögerungsblock T_{tm} und bei der Kupplungsaktorposition X_{Kupp} ist der Verzögerungsblock T_{tl} vorgesehen.

30 Desweiteren ist bei der modellgestützten Adaption der Kupplungskennlinie ein geeigneter Adaptionalgorithmus und ein vorbestimmtes Kennlinienmo-

dell integriert. Ohne Berücksichtigung des Adaptionalgorithmus und dessen Ausgangssignalen ergibt sich folgendes Funktionsprinzip:

5 Aus der Kupplungsaktorposition X_{Kupp} wird mittels des Kennlinienmodells das Kupplungsmoment M_{Kupp} abgeschätzt. Aus dem Kupplungsmoment M_{Kupp} und dem Motormoment M_{Mot} wird die Beschleunigung des Verbrennungsmotors bzw. Trägheit J_{Mot} bestimmt. Hieraus kann dann die prädizierte Motordrehzahl n'_{mot} errechnet werden.

10 Aus der Abweichung bei der Differenz von gemessener Motordrehzahl n_{mot} und der prädizierten Motordrehzahl n'_{mot} lassen sich nun im Fahrbetrieb Rückschlüsse auf die Qualität der Modelldaten sowie Information zu deren Anpassung an die physikalisch korrekten Werte ableiten.

15 Zu diesem Zweck wird der Adaptionalgorithmus eingesetzt, welcher in Abhängigkeit vom jeweiligen Fahrzustand, z.B. schlupfende Kupplung als Voraussetzung für die in Figur 1 dargestellte Modellstruktur, die Anpassung von Signalen oder Parametern vornimmt.

20 Dazu ist als erstes Ausgangssignal des Adaptionalgorithmus ein Korrekturterm für die Motorbeschleunigung vorgesehen. Dieser wird nach dem Prinzip eines Zustandsbeobachters verwendet, um ein Auseinanderdriften von Modell und Realität zu vermeiden.

25 Desweiteren ist als zweites Ausgangssignal ein Momentenkorrekturterm ΔM_{mot} bei dem Adaptionalgorithmus vorgesehen. Dieser Term ΔM_{mot} dient der Berücksichtigung eines konstanten oder zeitlich langsam variierenden Fehlers im Momentensignal M_{Mot} . Solche Fehler, die z.B. aufgrund von Unsicherheiten in der Bestimmung des Motormoments oder von unbekannten Verbrauchermomenten, wie z.B. dem Generator oder dem Klimakompressor, herrüh-

30

ren, sind typischerweise bei geöffneter Kupplung sehr gut als von Null verschiedenes Leerlaufmoment zu identifizieren.

5 Darüberhinaus ist als drittes Ausgangssignal des Adaptionalgorithmus ein Korrekturterm Δ_{Tap} des Kupplungsaktorweges vorgesehen. Dieser Term Δ_{Tap} ist gleichbedeutend mit einer sogenannten Greif- oder Tastpunktadaption.

10 Als viertes Ausgangssignal ist ein sogenannter KL-Parameter (Kennlinienparameter) bei dem Adaptionalgorithmus vorgesehen. Dieser Signalvektor dient zur Adaption des Reibwertes der Kupplung. Durch die Anpassung von gleich mehreren vorbestimmten Kennlinienpunkten lassen sich ähnliche Effekte erzielen, wie mit der mehrstufigen Reibwertadaption.

15 Für die Auslegung des Adaptionalgorithmus stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Beispielsweise kann eine nichtlineare Parameteridentifikation, ein erweiterter Kalman-Filter (EKF), eine Neuro-Fuzzy-Methode oder dergleichen, verwendet werden.

20 Grundsätzlich sollte bei der Auslegung des Adaptionalgorithmus der aktuelle Fahrzustand bzw. Betriebspunkt intensiv berücksichtigt werden, da sich aufgrund der physikalischen Randbedingungen die Abweichung aus der Differenz $n_{\text{mot}} - n'_{\text{mot}}$ einmal auf die eine und dann mehr auf die andere Adaptiongröße auswirken sollte. So gilt beispielsweise, daß der Momentenkorrekturterm Δ_{Mmot} bei geöffneter Kupplung und der Korrekturterm des Kupplungsaktorweges Δ_{Tap} primär bei leicht angelegter Kupplung adaptiert werden können, während die KL-Parameter vorwiegend bei höheren Kupplungsmomenten anzupassen sind.

30 In Figur 2 ist ein Ablaufdiagramm beispielhaft beschrieben, wie eine Adaption einer Formkorrektur-Kupplungskennlinie aufgebaut sein kann. Das Ablauf-

diagramm beginnt mit dem Einkuppeln nach Gangwechsel oder Anfahrt mit Schritt 1.

5 Bei Schritt 2 der bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens soll eine nächste Kupplungsmomentenschwelle für die Auswertung des dynamischen Gleichgewichtes an der Kupplung bestimmt werden.

Danach folgt Schritt 3, bei dem ermittelt wird, ob das Kupplungsmoment gleich der Kupplungsmomentenschwelle ist. Wenn ja, folgt Schritt 4.

10

Bei Schritt 4 wird der aktuelle Kupplungsmomentenfehler und der Reibwert gespeichert.

15 Danach folgt Schritt 5, bei dem ermittelt wird, ob alle Meßpunkte abgearbeitet sind. Wenn nein, geht das Verfahren zu Schritt 2 zurück. Wenn ja, folgt Schritt 6, bei dem ermittelt wird, ob die Kupplung offen ist (Neutralstellung).

Wenn die Kupplung offen ist folgt Schritt 7. Wenn nein, wird das Verfahren beendet.

20

Bei Schritt 7 wird ein Mittelwert aus allen gemessenen Momentenabweichungen bestimmt.

25 Danach folgt Schritt 8, bei dem die Abweichungen aller Momentenabweichungen vom Mittelwert bestimmt werden.

Dann folgt Schritt 9, bei dem der Meßwert mit der größten Abweichung vom Mittelwert bestimmt wird.

30 Schließlich folgt Schritt 10, bei dem die Formkorrekturkennlinie an der Stelle mit der größten Abweichung des Kupplungsmomentenfehlers vom Mittelwert korrigiert wird. Danach ist das Verfahren beendet.

In Figur 3 ist ein weiteres Ablaufdiagramm einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben.

5 Bei Schritt 1 liegt eine aktuelle Stellerposition vor.

Bei Schritt 2 wird ein nominelles Kupplungsmoment aus der Kennlinie mit der aktuellen Stellerposition bestimmt.

10 Danach folgt Schritt 3, bei dem das ermittelte nominelle Kupplungsmoment mit dem globalen Reibwert korrigiert wird.

Dann folgt Schritt 4, bei dem das nominelle Kupplungsmoment mit einem Korrekturwert aus der Formkorrekturkennlinie korrigiert wird.

15 Schließlich folgt Schritt 5, bei dem ein aktuelles Kupplungsmoment ausgegeben wird.

20 Das vorgenannte Verfahren kann auch invers durchgeführt werden, d.h. daß aus einem vorgegebenen Sollkupplungsmoment eine Sollposition für das Stellglied bestimmt werden kann.

25 In Figur 4 sind die an der Kupplung angreifenden Momente schematisch dargestellt. Dabei werden das Kupplungsmoment M_{Kup} , das Motormoment M_{Mot} , die Motordrehbeschleunigung $d\omega_{Mot}/dt$ und die Motorbeschleunigung J_{Mot} in Figur 4 angedeutet. Aus diesen Größen wird das Momentengleichgewicht an der Kupplung durch folgende Gleichung bestimmt:

$$J_{mot} \cdot d\omega_{Mot} / dt = M_{Mot} - M_{Kup}$$

30

Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbarte Merkmalskombination zu beanspruchen.

10 In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmalskombinationen der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

15 Da die Gegenstände der Unteransprüche im Hinblick auf den Stand der Technik am Prioritätstag eigene und unabhängige Erfindungen bilden können, behält die Anmelderin sich vor, sie zum Gegenstand unabhängiger Ansprüche oder Teilungserklärungen zu machen. Sie können weiterhin auch selbständige Erfindungen enthalten, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

20 Die Ausführungsbeispiele sind nicht als Einschränkung der Erfindung zu verstehen. Vielmehr sind im Rahmen der vorliegenden Offenbarung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente und Kombinationen und/oder Materialien, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den in der allgemeinen Beschreibung und Ausführungsformen sowie den Ansprüchen beschriebenen und in den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten für den Fachmann im Hinblick auf die Lösung der Aufgabe entnehmbar sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-,
25 Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.
30

LuK Lamellen und
Kupplungsbau GmbH

Industriestraße 3

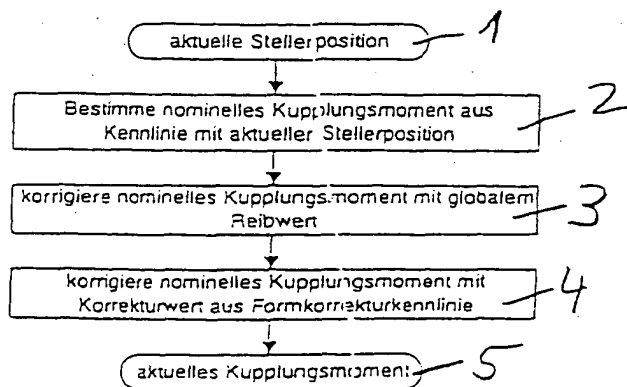
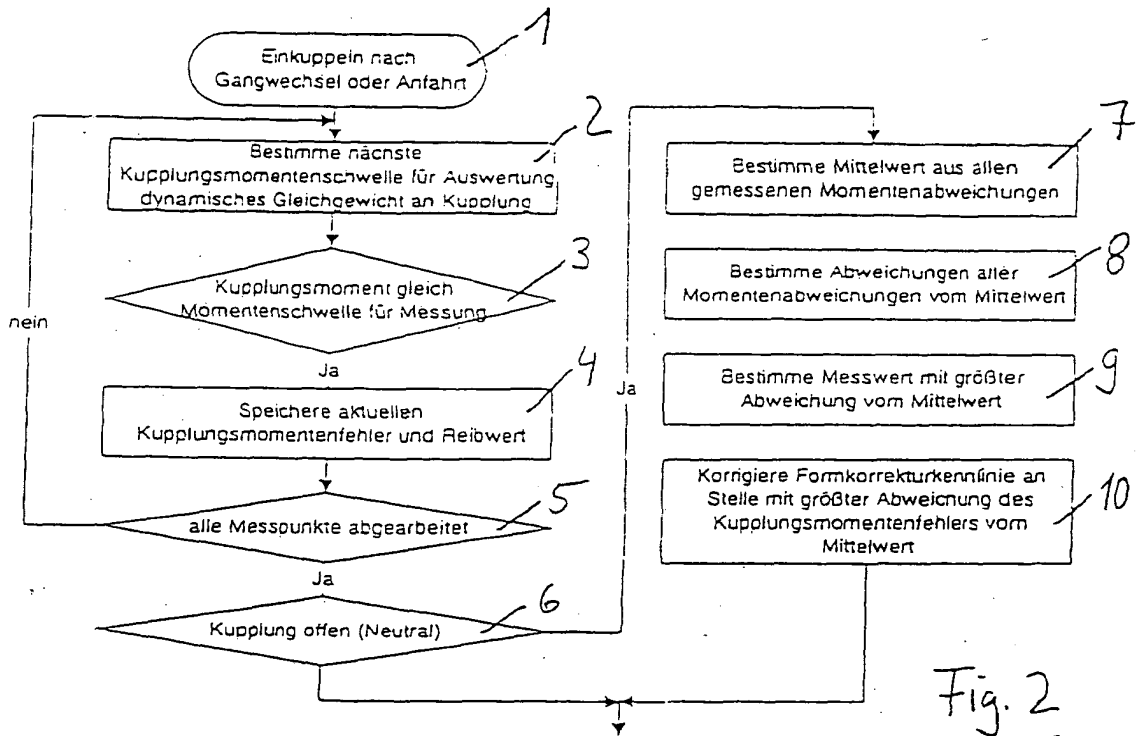
77815 Bühl

GS 0481

Zusammenfassung

- 5 Es wird ein Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer automatisierten Kupplung eines Fahrzeuges vorgeschlagen, bei dem mit einem elektronischen Kupplungsmanagement (EKM) eine Kupplungskennlinie adaptiert wird, wobei die Adaption bei wenigstens einem geeigneten Betriebspunkt durchgeführt wird.

2/3



3/3

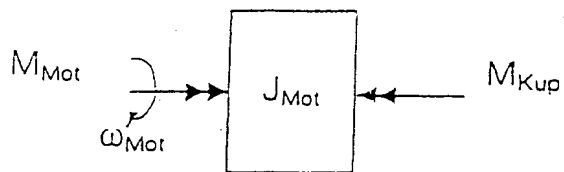


Fig. 4